

Panduan komisioning pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) kapasitas hingga 100 kW



© BSN 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

	Halaman
Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persiapan komisioning	3
5 Pelaksanaan komisioning.....	5
Lampiran A	8
Lampiran B	9
Lampiran C	10
Lampiran D	12
Lampiran E	13
Lampiran F.....	14
Lampiran G	15
Lampiran H	16
Bibliografi	17

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai "Panduan komisioning pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) kapasitas hingga 100 kW" disusun untuk memenuhi kebutuhan panduan komisioning instalasi pembangkit listrik tenaga hidro skala mikro dengan kapasitas daya listrik terbangkit hingga 100 kW. PLTMH sampai 100 kW menggunakan teknologi tepat guna dengan sistem kontrol beban elektronik dan biasanya dioperasikan oleh masyarakat untuk pelistrikan desa di daerah terpencil.

Lampiran dalam standar ini merupakan lampiran yang bersifat informatif sebagai contoh yang dapat langsung dipergunakan atau diadopsi dan disesuaikan dengan skema proyek PLTMH itu sendiri. Sebagaimana diketahui PLTMH dari satu lokasi ke lokasi lainnya selalu berbeda dan memiliki ciri khasnya masing-masing baik dari sisi layout sistem maupun peralatan yang dipergunakan.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 27-03, Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan melalui prosedur perumusan standar dan dibahas dalam Rapat Konsensus pada tanggal 29 Oktober 2015 di Cirata, Purwakarta. Standar ini telah melalui jajak pendapat tanggal 11 Januari 2016 sampai dengan 11 Maret 2016, dan perpanjangan sampai dengan tanggal 10 April 2016



.Panduan komisioning pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) kapasitas hingga 100 kW

1 Ruang lingkup

Standar ini merupakan acuan pelaksanaan komisioning pembangkit listrik tenaga mikro hidro untuk kapasitas daya elektrik hingga 100 kW yang hanya menggunakan kontrol beban elektronik (ELC). Panduan ini meliputi istilah dan definisi, persiapan komisioning, dan pelaksanaan komisioning.

Panduan ini dapat diterapkan pada semua jenis PLTMH dengan skema *run-off river*. Meliputi komisioning struktur sipil, dari bagian *intake* hingga *tailrace*, peralatan elektro-mekanikal, dan instalasi pra jaringan hingga gardu hubung. Standar ini tidak meliputi bagian distribusi listrik, sambungan rumah, dan instalasi rumah yang sudah disyaratkan dalam Standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik.

2 Acuan normatif

Dokumen berikut digunakan sebagai acuan dalam penyusunan panduan ini.

SNI 0225-2011, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011).

3 Istilah dan definisi

3.1 **head**

jarak vertikal (beda level) antara permukaan air pada sebuah potensi hidro

3.2 **net head**

jarak vertikal efektif yang dapat dimanfaatkan dan diubah menjadi energi mekanik, biasanya merupakan jarak vertikal antara permukaan air pada bak penenang dengan sumbu utama turbin (untuk turbin aksi), atau jarak vertikal antara permukaan air pada bak penenang dengan permukaan air di saluran buangan (untuk turbin reaksi), dikurangi kerugian-kerugian *head* pada pipa pesat

3.3 **debit**

volume air per satuan waktu yang mengalir melalui penampang saluran atau pipa

3.4 **debit aktual**

debit yang terukur, pengukuran biasanya dilakukan pada saat uji coba, dan pada saat yang sama dapat dilakukan pengukuran daya terbangkit

3.5 **bendung**

struktur yang berfungsi untuk menaikkan dan mengontrol tinggi muka air dalam sungai sehingga jumlah air yang memadai dapat dialirkan ke dalam *intake*

3.6

saluran pembawa

saluran atau kanal yang berfungsi mengalirkan air dari penyadap menuju ke bak penenang. Saluran pembawa dapat berupa kanal terbuka, kanal tertutup, pipa, terowongan air, atau talang air

3.7

pipa pesat

pipa pesat atau *penstock* adalah pipa bertekanan yang berfungsi untuk meneruskan aliran air dari bak penenang menuju turbin air

3.8

pipa hisap

pipa hisap atau *draft tube* adalah sebuah komponen yang berbentuk tabung *difuser* yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi tekanan

3.9

expansion joint

komponen pipa pesat yang berfungsi untuk mengantisipasi pengaruh pemuaian pipa akibat perubahan temperatur

3.10

bak penenang

struktur bak yang mempunyai luas potongan melintang lebih besar dari saluran pembawa yang berfungsi untuk memperlambat aliran air agar terjadi pengendapan partikel sedimen dan menenangkan aliran air sebelum masuk ke dalam pipa pesat

3.11

bak pengendap

struktur yang biasa terintegrasi pada saluran atau pada bak penenang, yang berfungsi untuk mengendapkan partikel sedimen

3.12

daya mekanik

daya pada poros turbin

3.13

efisiensi turbin

perbandingan daya mekanik poros turbin terhadap daya potensi air yang dinyatakan dalam persen

3.14

putaran nominal turbin

kecepatan rotasi poros turbin pada *head* dan debit desain

3.15

kurva karakteristik turbin

diagram yang menyatakan hubungan antara berbagai besaran unjuk kerja turbin yang meliputi efisiensi, debit, *head*, putaran turbin dan daya mekanik poros, yang menggambarkan karakteristik unjuk kerja turbin

3.16

efisiensi generator

perbandingan daya keluaran elektrik terhadap daya masukan mekanik yang dinyatakan dalam persen

3.17**kurva karakteristik pembangkit**

diagram yang menyatakan hubungan antara debit aktual dengan daya terbangkit

3.18**syarat penandaan turbin**

label yang memuat beberapa penjelasan teknis yang diberikan oleh pabrik pembuat turbin

3.19**syarat penandaan instalasi pembangkit**

papan nama yang memuat beberapa penjelasan teknis instalasi pembangkit listrik

3.20**kontraktor PLTMH**

orang atau badan usaha yang menerima dan melaksanakan pekerjaan pembangunan PLTMH sesuai yang ditetapkan dalam kontrak

3.21**komisioning**

Serangkaian kegiatan pemeriksaan dan pengujian hasil pembangunan pembangkit listrik yang hendak dioperasikan

3.22**koordinator komisioning**

seorang yang ditunjuk oleh pihak kontraktor dan pihak pemilik serta disepakati oleh kedua belah pihak. Koordinator komisioning bertanggung jawab melaksanakan dan melaporkan hasil komisioning

3.23**program komisioning**

rincian tentang rencana langkah-langkah pelaksanaan komisioning, di dalamnya tercantum jadwal pelaksanaan proses komisioning

3.24**pemilik**

perseorangan, koperasi, swasta, badan usaha milik negara, pemerintah, ataupun lembaga lainnya sebagai pemegang hak milik atas instalasi PLTMH

4 Persiapan komisioning**4.1 Pemeriksaan dokumen proyek**

Kontraktor harus memberikan dokumen kepada koordinator komisioning untuk keperluan pemeriksaan administrasi terhadap:

- a) spesifikasi teknik;
- b) gambar teknik (tata letak instalasi PLTMH, bangunan sipil, tata letak peralatan mekanikal elektrik, diagram satu garis, dan sebagainya);
- c) daftar suku cadang dan perkakas khusus yang ditetapkan dalam kontrak;
- d) diagram unjuk kerja turbin;
- e) petunjuk pengoperasian dan pemeliharaan instalasi pembangkit;
- f) petunjuk keamanan instalasi, keselamatan kerja dan lingkungan.

4.2 Penyusunan daftar pemeriksaan

Koordinator komisioning membuat daftar pemeriksaan pelaksanaan komisioning berdasarkan kontrak dan perubahannya yang sudah disepakati oleh pemilik dan kontraktor. Contoh daftar pemeriksaan dapat dilihat pada lampiran C.

4.3 Jadwal komisioning

Koordinator komisioning menyusun jadwal dan tahap pelaksanaan komisioning yang disepakati oleh pemilik dan kontraktor.

4.4 Faktor keselamatan

Koordinator komisioning melakukan mitigasi kecelakaan, jalur evakuasi, dan menjelaskan resiko kecelakaan yang mungkin terjadi kepada orang-orang dan peralatan yang terlibat dalam pelaksanaan komisioning.

4.5 Pemeriksaan visual

Sebelum proses komisioning, pastikan bahwa pelaksanaan pembangunan dan pemasangan peralatan pembangkit telah selesai, dengan melakukan pemeriksaan terhadap:

- a) struktur bangunan sipil seperti bendung, pintu air, *stop log*, saringan, dan struktur lainnya;
- b) peralatan mekanik, turbin beserta komponen pendukungnya, serta komponen pendukung keselamatan;
- c) panel kontrol dan pengaman seperti meter, proteksi, MCB, *ballast load*, saklar, dan komponen lainnya;
- d) pengkabelan dan isolasi.

4.6 Pengukuran

Pengukuran dimensi atau ukuran fisik struktur bangunan sipil mempergunakan alat ukur panjang.

Pengukuran *head*, tergantung pada kesulitan dan kondisi di lapangan serta alat yang tersedia, dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut:

- a. pembacaan *pressure gauge* pada *inlet* turbin;
- b. dengan selang / *waterpass*;
- c. dengan menggunakan peralatan lainnya yang sesuai dengan kondisi lokasi.

Pengukuran debit dapat dilakukan oleh berbagai metode, diantaranya:

- a. metode *weir* yang ditempatkan di saluran pembuang (*tailrace*);
- b. menggunakan peralatan pengukur kecepatan aliran untuk mendapatkan kecepatan rata-rata aliran dan mengukur luas rata rata penampang aliran.

Pengukuran kuat arus listrik yang dihasilkan oleh generator dapat dilakukan dengan cara:

- a. membaca meter ampere pada panel kontrol;
- b. mengukur arus listrik dengan alat tang amper yang dapat mengukur *rms* (pengukuran arus bolak balik sinus tidak murni)

Pengukuran kecepatan putar *runner* turbin ataupun generator dilakukan dengan menggunakan *tachometer*.

5 Pelaksanaan komisioning

5.1 Pengisian daftar periksa

Koordinator komisioning bertanggung jawab terhadap pengisian daftar periksa.

5.2 Prosedur pengisian saluran dan pengujian fungsi bangunan sipil

Untuk memeriksa fungsi dan struktur bangunan air, sebelum pengisian air seluruh pintu dan katup dalam kondisi tertutup. Setelah seluruh kondisi terpenuhi, koordinator komisioning dapat memberikan instruksi mulai pengisian saluran air. Tahap pengisian saluran dapat dilakukan sebagai berikut:

- Pintu penguras bendung ditutup dan tunggu hingga air melimpas di atas mercu bendung. Periksa fungsi dari komponen bangunan pada konstruksi bendung. Periksa kebocoran pada konstruksi bendung.
- Pintu *intake* saluran air dibuka perlahan hingga permukaan air dalam saluran mencapai tinggi jagaan (*freeboard*) saluran yang direncanakan. Periksa kebocoran pada saluran air. Setelah itu pintu air dibuka penuh. Periksa dan ukur tinggi jagaan di sepanjang saluran air dan catat tinggi muka air di hulu bendung. Ukur dan catat kecepatan air di dalam saluran air.
- Periksa fungsi pelimpas pada saluran air, periksa limpasan air tersebut, jangan sampai mengalir tak terkendali dan menggerus lereng. Periksa resiko longsor akibat dari aliran air dari pelimpas atau resiko konstruksi runtuh akibat dari gerusan air terhadap struktur bangunan. Jika terjadi kondisi membahayakan, koordinator komisioning dapat menghentikan proses komisioning.
- Buka pintu *intake* bak pengendap secara perlahan hingga air mulai tumpah dari pelimpas bak. Periksa kebocoran pada bak pengendap. Periksa struktur konstruksi bak pengendap, jika terjadi kerusakan yang membahayakan maka dengan segera berhentikan pengisian air. Periksa dengan seksama resiko keruntuhan bak pengendap.
- Buka penuh pintu *intake* bak pengendap, periksa fungsi pelimpas bak pengendap, periksa resiko longsor akibat aliran air dari pelimpas atau resiko konstruksi bak pengendap runtuh akibat dari gerusan air. Ukur dan catat tinggi muka air dari mercu pelimpas, tinggi jagaan pada bak pengendap dan aliran air yang melimpas. Ukur dan catat debit air masuk ke dalam bak pengendap. Periksa fungsi katup atau pintu penguras bak pengendap dan periksa aliran air dari saluran penguras.
- Buka pintu menuju pipa pesat secara perlahan hingga tidak ada lagi gelembung udara masuk ke dalam pipa pesat. Periksa dan pastikan tidak ada kebocoran air sepanjang pipa pesat, kebocoran pada sambungan pipa dan *expansion joint*. Periksa konstruksi *support block*, *anchor block*, dan saluran drainase pipa pesat.

Contoh prosedur pengisian saluran dan pengujian fungsi bangunan sipil dapat dilihat pada lampiran D.

5.3 Uji operasi tanpa pembebanan

Pengoperasian awal adalah tahap menggerakkan turbin dengan air untuk pertama kali. Atur pintu *intake* ke bak pengendap dan pintu air *intake* saluran air hingga debit air pada bak pengendap atau bak penenang sesuai dengan debit desain instalasi PLTMH. Setelah itu buka penuh katup utama (*main inlet valve*) secara perlahan. Periksa kebocoran pada *guide vane* atau *nozzle* turbin. Buka secara bertahap *guide vane* atau *nozzle* turbin, buka hingga kecepatan putaran turbin mendekati kecepatan putaran nominal turbin. Periksa komponen mekanikal turbin dan komponen transmisi daya mekanik. Jika terjadi bunyi atau getaran tidak normal maka turbin segera dihentikan untuk dilakukan analisa lebih lanjut. Koordinator

komisioning harus memeriksa penyebab, meminta penjelasan dari kontraktor, untuk memutuskan proses komisioning dapat dilanjutkan atau dihentikan.

Proses uji operasi tanpa pembebanan adalah proses menjalankan turbin hingga putaran poros mencapai kecepatan putaran nominal. Generator sudah berputar sesuai dengan kecepatan putaran kerjanya, namun belum menghasilkan daya atau daya yang dihasilkan sangat kecil. Pengamatan dan pengukuran yang dilakukan diantaranya:

- a) perubahan kondisi pada *casing* atau kedudukan *bearing*;
- b) bunyi atau getaran yang berlebihan pada turbin dan/atau generator;
- c) kebocoran air dari *guide vane* dan poros turbin;
- d) kelurusan pada transmisi mekanik;
- e) temperatur dan getaran *bearing*;
- f) kecepatan putaran pada sumbu turbin dan generator.

Lihat lampiran E untuk contoh formulir uji operasi tanpa pembebanan

5.4 Uji operasi dengan pembebanan

Guide vane atau *nozzle* turbin dibuka bertahap hingga generator mulai menghasilkan daya listrik. Fungsi sistem kontrol sudah dapat diuji dengan beban daya listrik pada berbagai tingkatan beban, namun tetap stabil pada nilai nominal frekuensi dan tegangan.

Kurva karakteristik pembangkit bisa dipakai sebagai patokan apabila debit yang tersedia tidak mencukupi untuk membangkitkan daya sesuai kapasitas desain (misalnya proses komisioning dilakukan pada musim kemarau).

Pada saat uji pembebanan, koordinator komisioning mengamati, mengukur dan mencatat:

- a) tinggi muka air pada bak penenang;
- b) tekanan di *inlet* turbin;
- c) frekuensi, tegangan dan arus pada terminal generator;
- d) bukaan *guide vane* atau *nozzle*;
- e) temperatur *bearing* dan *water seal*;
- f) tingkat kebisingan.

Lihat lampiran F untuk contoh formulir uji operasi dengan pembebanan.

5.5 Uji lepas beban

Pengujian lepas beban dilaksanakan dengan cara melepaskan beban secara tiba-tiba, beban harus ditingkatkan secara bertahap lalu dilakukan uji lepas beban. Misalnya, tahapan pelepasan beban pada 25%, 50%, 75%, dan 100% dari beban nominal. Setiap kali tahapan pengujian berhasil dilakukan, pengujian tahap berikutnya dilakukan dari kondisi turbin tertutup.

Tujuan proses pengujian dengan beban dan pengujian lepas beban adalah:

- untuk memeriksa kesesuaian daya keluaran yang dihasilkan, dibandingkan dengan spesifikasi teknis dalam kontrak, dengan mempertimbangkan kondisi debit pada saat uji komisioning;
- untuk memeriksa kestabilan unit, getaran atau kavitasasi pada daerah operasi unit;
- untuk memeriksa fungsi sistem kontrol otomatis dan sistem pengamanan.

Pada proses uji lepas beban, sesaat setelah beban dilepaskan, koordinator komisioning mengamati, mengukur dan mencatat:

- a) tinggi muka air pada bak penenang;
- b) tekanan di *inlet* turbin;

- c) putaran turbin;
- d) putaran generator;
- e) frekuensi dan tegangan pada terminal generator;
- f) tingkat kebisingan;
- g) bunyi dan getaran tidak normal.

Lihat lampiran G untuk contoh formulir uji lepas beban.

5.6 Uji operasional selama 72 jam

Uji operasional minimal dilakukan selama 72 jam terus menerus dengan beban sesuai dengan kapasitas daya desain atau sesuai dengan kondisi debit. Beban daya menggunakan *dummy load* atau dikombinasikan dengan beban konsumen. Uji operasional bertujuan untuk mengamati kestabilan unjuk kerja PLTMH. Pengukuran dan pengamatan selama uji operasional meliputi bagian dan komponen sebagai berikut:

- a) tinggi muka air di hulu bendung dan bak penenang;
- b) gangguan sampah pada *intake* saluran dan *trash rack* pada bak penenang;
- c) erosi pada bendung dan *tailrace*;
- d) temperatur *bearing*, *gear box*, *casing generator*;
- e) temperatur *ballast load*;
- f) kelurusan (*alignment*) sistem transmisi mekanik;
- g) frekuensi, tegangan dan arus pada panel kontrol;
- h) fluktuasi beban daya listrik konsumen;
- i) *drop* tegangan listrik di ujung jaringan distribusi terjauh.

Pengukuran dan pengamatan pada saat uji operasional dilakukan setiap jam untuk 4 jam pertama. Pengukuran dan pengamatan berikutnya dilakukan setiap 6 jam. Pengujian operasional dapat dihentikan jika terjadi kecenderungan terjadi kerusakan yang berbahaya, seperti peningkatan temperatur *bearing* yang tidak normal atau *belt* lepas dari *pulley*. Koordinator komisioning menganalisa penyebab dan melakukan koordinasi dengan pihak kontraktor. Uji operasi dapat diulang dari awal setelah disetujui oleh koordinator komisioning. Lihat lampiran H untuk contoh formulir uji operasional 72 jam.

Lampiran A
(informatif)

Ringkasan laporan komisioning

Nama PLTMH:
Lokasi: <i>(kampung, desa, kecamatan, kabupaten, provinsi)</i>
Nama sungai:
Titik koordinat rumah pembangkit: <i>(sesuai standar Badan Informasi Geospasial)</i>
Pemilik:
Kontraktor:
Koordinator komisioning:
Tanggal komisioning:
Hasil komisioning:

Data teknis PLTMH

Spesifikasi PLTMH	Kontrak/Acuan	Hasil Komisioning
daya elektrik (kW)		
<i>net head</i> (meter)		
debit (m ³ /det)		
Catatan:		

Hasil pengujian

No	Kegiatan	Hasil Kegiatan	Catatan
4.1	Pemeriksaan dokumen proyek	<i>(sesuai/tidak sesuai)</i>	
5.1	Pengisian daftar periksa	<i>(sesuai/tidak sesuai)</i>	
5.2	Pengisian air dan pengujian fungsi bangunan	<i>(ya/tidak)</i>	
5.3	Uji operasi tanpa beban	<i>(ya/tidak)</i>	
5.4	Uji operasi dengan pembebanan	<i>(ya/tidak)</i>	
5.5	Uji lepas beban	<i>(ya/tidak)</i>	
5.6	Uji pengoperasian 72 jam	<i>(ya/tidak)</i>	

Tanggal:	Koordinator:	Saksi 1:	Saksi 2:
----------	--------------	----------	----------

Lampiran B
(informatif)

Pemeriksaan dokumen proyek

	Pemeriksaan dokumen proyek	Lengkap	Tidak lengkap	Tidak tersedia
1	Spesifikasi teknik			
2	Gambar teknik:			
	a) Tata letak instalasi PLTMH			
	b) Gambar bangunan sipil			
	c) Tata letak peralatan mekanikal elektrik			
	d) Diagram satu garis			
3	a) Daftar suku cadang			
	b) Perkakas khusus (tertera dalam kontrak)			
4	Diagram unjuk kerja turbin			
5	a) Petunjuk pengoperasian pembangkit			
	b) Petunjuk pemeliharaan pembangkit			
6	Petunjuk keamanan instalasi, keselamatan kerja dan lingkungan			

Tanggal:	Koordinator:	Saksi 1:	Saksi 2:

CATATAN isi dengan tanda check (✓)

Lampiran C
(informatif)

Daftar periksa

	Komponen/Uraian				Spesifikasi	Aktual
1	BENDUNG					
	Ukuran lebar bendung					
		Sayap bendung		Pintu penguras bendung		
2	PENYADAP (<i>INTAKE</i>)					
	Ukuran lebar <i>intake</i>					
	Ukuran tinggi <i>intake</i>					
		Pintu air <i>intake</i>		Pelimpas		
3	SALURAN PEMBAWA					
	Ukuran lebar saluran (atau diameter pipa saluran)					
	Ukuran tinggi saluran					
		Pelimpas		Tidak ada retak / <i>crack</i>		Aman dari longsor
4	BAK PENENANG					
	Ukuran panjang bak					
	Ukuran lebar bak					
	Ukuran tinggi / kedalaman bak					
		Bentukan transisi		Pelimpas		<i>Trash rack</i>
		Pintu kuras		Pintu <i>pipa pesat</i>		Alat pembersih saringan
	Ukuran gap trash rack					
5	PIPA PESAT (<i>PENSTOCK</i>)					
	Ukuran diameter pipa pesat					
		Bahan:(PVC / Besi) ^a		Merk & Tipe (PVC): (<i>diisi sesuai aktual</i>)		
		Dibungkus/ditanam (PVC)		Dicat (besi)		
		<i>Anchor block</i>		<i>Sliding block</i>		<i>Expansion joint</i>
6	RUMAH PEMBANGKIT					
	Ukuran panjang rumah pembangkit					
	Ukuran lebar rumah pembangkit					
		<i>Layout</i> peralatan baik		Pentanahan tersedia		Aman dari longsor
		Aman dari banjir		Akses mudah		
7	SALURAN PEMBUANG (<i>TAILRACE</i>)					
	Ukuran lebar saluran					
	Ukuran tinggi saluran					
		Tidak ada retak / <i>crack</i>		Aman dari longsor		

	Komponen/Uraian				Spesifikasi		Aktual
8	TURBIN						
	Tipe turbin						
	Ukuran turbin (diameter / lebar)						
		Kondisi turbin baik		Guide vane berfungsi		Cek pengencangan baut	
	Ukuran transmisi mekanik (jenis belt / jumlah / ukuran)						
	Ukuran kopling (jenis kopling / jumlah / ukuran)						
	Ukuran plummer block (jumlah / spesifikasi)						
		Cek kesegaran belt		Cek kesegaran kopling		Sangkar pengaman	
9	GENERATOR						
	Tipe generator						
	Merk generator						
	Kapasitas (kVA)						
	Putaran (rpm)						
	Frekuensi (Hz)						
	Voltase (V)						
	Jumlah fasa						
		Cek baut terminal		Cek warna kabel		Pentanahan tersedia	
10	PANEL KONTROL						
	Tipe panel kontrol						
	Merk panel kontrol						
	Tipe ballast load						
	Kapasitas panel kontrol (kW)						
	Ukuran tahanan ballast (Ohm)						
		Meter voltase		Meter ampere konsumen		Meter ampere ballast	
		Ventilasi untuk ballast		Sangkar untuk ballast			
11	KELENGKAPAN LAINNYA						
		Petunjuk pengoperasian		Petunjuk pemeliharaan			
	Daftar perkakas khusus sesuai kontrak:						
	•						(ada/tidak)
	•						(ada/tidak)
	Daftar spare part sesuai kontrak:						
	•						(ada/tidak)
	•						(ada/tidak)
^a Coret yang tidak perlu							

Tanggal:	Koordinator:	Saksi 1:	Saksi 2:
----------	--------------	----------	----------

CATATAN 1 isi dengan tanda cek (√) untuk menyatakan keberadaan komponen

CATATAN 2 isi dengan tanda silang (X) jika komponen tidak ada tetapi tercantum dalam kontrak

CATATAN 3 kolom Spesifikasi diisi dengan nilai rujukan dalam kontrak

Lampiran D
(informatif)

Prosedur pengisian saluran dan pengujian fungsi bangunan sipil

Prosedur Pengisian Saluran dan Pengujian Fungsi Bangunan Sipil			
1. Tutup semua pintu air dan katup air			
	Pintu air <i>Intake</i> tertutup		Pintu air <i>pipa pesat</i> tertutup
			Katup utama turbin tertutup
2. Tutup pintu penguras bendung, tunggu hingga air melimpas di atas mercu			
	Tidak ada kebocoran di bendung		
3. Buka pintu <i>intake</i> secara bertahap, air akan mengisi saluran sampai tercapai tinggi jagaan. Tunggu hingga air mengalir dengan stabil			
	Tidak ada kebocoran di saluran		Cek fungsi pelimpas
			Aman dari bahaya longsor
	m	Ukur tinggi jagaan di saluran	
	m/det	Ukur kecepatan aliran di saluran	
4. Buka pintu menuju bak pengendap (jika ada)			
	Tidak ada kebocoran di bak		Cek fungsi pelimpas
			Bak kokoh dan kuat
	m	Ukur tinggi jagaan di bak	
	m	Ukur tinggi jagaan di saluran	
	m/det	Ukur kecepatan aliran di saluran	
	Pelimpas berfungsi baik		Pintu penguras berfungsi
			Aman dari bahaya longsor
5. Buka pintu menuju pipa pesat (jika ada) secara bertahap			
	Tidak ada kebocoran di pipa		Tidak ada kebocoran di sambungan
			Tidak ada kebocoran di <i>Expansion joint</i>
	<i>Support block</i> aman		Sistem <i>drain</i> berfungsi
			Aman dari bahaya longsor
Catatan:			
Tanggal:	Koordinator:	Saksi 1:	Saksi 2:

CATATAN 1 isi dengan tanda cek (✓) untuk menyatakan keberadaan komponen

CATATAN 2 isi dengan tanda silang (X) jika komponen tidak ada tetapi tercantum dalam kontrak

Lampiran E
(informatif)

Prosedur uji operasi tanpa pembebanan

Prosedur uji operasi tanpa pembebanan			
1. Tutup semua pintu air dan katup air 2. Tutup pintu penguras bendung, tunggu hingga air melimpas di atas mercu 3. Buka pintu <i>intake</i> secara bertahap, air akan mengisi saluran sampai tercapai tinggi jagaan. Tunggu hingga air mengalir dengan stabil 4. Buka pintu menuju bak pengendap (jika ada) 5. Buka pintu menuju pipa pesat (jika ada) secara bertahap 6. Buka penuh katup utama turbin (jika terdapat keran <i>bypass</i> , buka terlebih dahulu sebelum membuka katup utama turbin)			
Tidak ada kebocoran di <i>guide vane</i> & turbin			
7. Buka <i>guide vane</i> atau <i>nozzle</i> secara perlahan hingga kecepatan putar turbin mendekati putaran nominal turbin (atau generator mendekati putaran nominalnya)			
Tidak ada kebocoran di <i>guide vane</i> & turbin			
Batas wajar bunyi		Batas wajar getaran	
Transmisi baik	berfungsi	Dudukan <i>bearing</i> aman	Temperatur aman
rpm	Ukur kecepatan <i>runner</i> turbin		
rpm	Ukur kecepatan poros generator		
Catatan:			
Tanggal:	Koordinator:	Saksi 1:	Saksi 2:

CATATAN 1 isi dengan tanda check (✓) untuk menyatakan keberadaan komponen

CATATAN 2 isi dengan tanda silang (X) jika komponen tidak ada tetapi tercantum dalam kontrak

Lampiran F
(informatif)

Prosedur uji operasi dengan pembebanan

Prosedur uji operasi dengan pembebanan									
1. Tutup semua pintu air dan katup air 2. Tutup pintu penguras bendung, tunggu hingga air melimpas di atas mercu 3. Buka pintu <i>intake</i> secara bertahap, air akan mengisi saluran sampai tercapai tinggi jagaan. Tunggu hingga air mengalir dengan stabil 4. Buka pintu menuju bak pengendap (jika ada) 5. Buka pintu menuju pipa pesat (jika ada) secara bertahap 6. Buka penuh katup utama turbin (jika terdapat keran <i>bypass</i> , buka terlebih dahulu sebelum membuka katup utama turbin)									
Tidak ada kebocoran di <i>guide vane</i> & turbin									
7. Buka <i>guide vane</i> atau <i>nozzle</i> secara perlahan hingga kecepatan putar turbin mendekati putaran nominal turbin (atau generator mendekati putaran nominalnya) 8. Buka <i>guide vane</i> atau <i>nozzle</i> lebih besar sehingga generator mulai menghasilkan daya listrik. Tegangan minimal saat generator menghasilkan daya adalah 220 V dan frekuensi pada 50 Hz 9. Lakukan pengukuran dengan daya bertahap sampai daya nominal tercapai atau sampai daya maksimal yang dimungkinkan oleh debit yang tersedia									
No	Bukaan <i>guide vane</i>	Tinggi muka air	Debit [Ltr/s]	Tekanan [kg/cm ²]	Frek [Hz]	Volt L-N [V]	Arus R [A]	Arus S [A]	Arus T [A]
Tidak ada kebocoran di <i>guide vane</i> & turbin									
Batas wajar bunyi				Batas wajar getaran					
Transmisi berfungsi baik				Dudukan <i>bearing</i> aman			Temperatur <i>bearing</i> aman		
Catatan:									
Tanggal:		Koordinator:		Saksi 1:			Saksi 2:		

CATATAN 1 isi dengan tanda check (✓) untuk menyatakan keberadaan komponen

CATATAN 2 isi dengan tanda silang (X) jika komponen tidak ada tetapi tercantum dalam kontrak

Lampiran G
(informatif)

Prosedur uji lepas beban

Prosedur uji lepas beban							
1. Tutup semua pintu air dan katup air 2. Tutup pintu penguras bendung, tunggu hingga air melimpas di atas mercu 3. Buka pintu <i>intake</i> secara bertahap, air akan mengisi saluran sampai tercapai tinggi jagaan. Tunggu hingga air mengalir dengan stabil 4. Buka pintu menuju bak pengendap (jika ada) 5. Buka pintu menuju pipa pesat (jika ada) secara bertahap 6. Buka penuh katup utama turbin (jika terdapat keran <i>bypass</i> , buka terlebih dahulu sebelum membuka katup utama turbin)							
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Tidak ada kebocoran di <i>guide vane</i> & turbin</div>							
7. Buka <i>guide vane</i> atau <i>nozzle</i> secara perlahan hingga kecepatan putar turbin mendekati putaran nominal turbin (atau generator mendekati putaran nominalnya) 8. Buka <i>guide vane</i> atau <i>nozzle</i> lebih besar sehingga generator mulai menghasilkan daya listrik. Tegangan minimal saat generator menghasilkan daya adalah 220 V dan frekuensi pada 50 Hz 9. Saat perkiraan daya mencapai tahapan tertentu, lepaskan beban konsumen secara tiba-tiba. Perhatikan efeknya pada sistem kontrol							
No	Bukaan <i>guide vane</i>	Tinggi muka air	Tekanan [kg/cm ²]	Frek [Hz]	Volt L-N [V]	putaran	
						Turbin [rpm]	Generator [rpm]
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Tidak ada kebocoran di <i>guide vane</i> & turbin</div>							
Batas wajar bunyi		Batas wajar getaran					
Transmisi berfungsi baik		Dudukan <i>bearing</i> aman		Temperatur <i>bearing</i> aman			
Catatan:							
Tanggal:		Koordinator:		Saksi 1:		Saksi 2:	

CATATAN 1 isi dengan tanda check (✓) untuk menyatakan keberadaan komponen

CATATAN 2 isi dengan tanda silang (X) jika komponen tidak ada tetapi tercantum dalam kontrak

Lampiran H (informatif)

Prosedur uji operasional selama 72 jam

Prosedur uji operasional selama 72 jam								
1. Buka <i>guide vane</i> diatur pada perkiraan daya nominal 2. Jalankan pembangkit selama 72 jam secara terus menerus								
Jam ke-	Tinggi muka air	Temperatur			Frek [Hz]	Volt L-N [V]	Arus beban	
		<i>Bearing</i> [°C]	Gen. [°C]	<i>Ballast</i> [°C]			<i>Ballast</i> [A]	konsumen [A]
0								
1								
2								
3								
4								
10								
16								
22								
28								
34								
40								
46								
52								
58								
64								
70								
72								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Tidak ada kebocoran di <i>guide vane</i> & turbin</div> <div>Batas wajar bunyi</div> <div>Batas wajar getaran</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>Transmisi berfungsi baik</div> <div>Dudukan <i>bearing</i> aman</div> <div>Temperatur <i>bearing</i> aman</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>Tidak ada erosi di bendung</div> <div>Tidak ada erosi di <i>tailrace</i></div> </div> <div>Tidak ada sampah di <i>intake</i> dan <i>trash rack</i></div>								
V	Ukur tegangan di konsumen terjauh							
Catatan:								
Tanggal:	Koordinator		Saksi 1:		Saksi 2:			

CATATAN 1 isi dengan tanda check (✓) untuk menyatakan keberadaan komponen

CATATAN 2 isi dengan tanda silang (X) jika komponen tidak ada tetapi tercantum dalam kontrak

Bibliografi

Harvey, Adam. 1990. *Microhydro Power Design Manual*. England

IEC 60041. Third edition. 1991. *Field Acceptance Test To Determine The Hydraulic Turbines, Storage Pump And Pump-Turbines*.

Iversin, Allen. 1986. *Microhydro Power Source Book*.

GIZ. 2012. *Commissioning Manual For Mini Hydro Power Plants*.

